

# ДИНАМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В РАСПЛАВАХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Шабурова Н.А., к.т.н.**

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск,

E-mail: [sarnata34@rambler.ru](mailto:sarnata34@rambler.ru)

В ходе проводимых экспериментов расплавы чистого алюминия (состав: Al 99,8 %, Si 0,04%, Fe 0,06%, Cu 0,0015%, Zn 0,018%) и модельных сплавов Al – 6 мас.% Si, Al – 4 мас.% Cu подвергали обработке электромагнитными импульсами (ЭМИ) на специальной установке, схема которой показана на рис. 1.

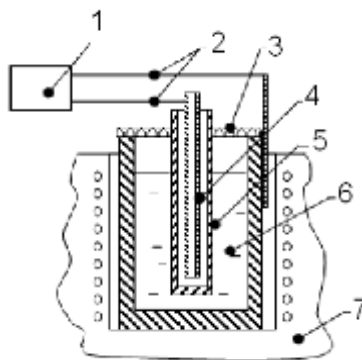


Рис. 1. Схема установки для обработки металлических расплавов: ЭМИ: 1 – генератор ЭМИ; 2 – провода; 3 – асбестовая крышка; 4 – излучатель; 5 – защитная кварцевая пробирка; 6 – тигель с расплавом; 7 – нагревательная печь сопротивления

При плавке расплавы указанных металлов перегревались на 50–100 °С выше температуры плавления, выдерживался при этой температуре 15 минут при выключенной печи, затем разливались в песчано-глинястые формы. Вторая плавка металла того же состава осуществлялась по аналогичному температурно-временному режиму, с тем отличием, что во время 15 минутной выдержки, проводилась обработка расплава электромагнитными импульсами. При необходимости производился дополнительный подогрев расплавов, для того чтоб температуры разливки плавков совпадали.

Сравнение структуры и свойств образцов сплава одного состава, обработанных и необработанных ЭМИ позволило выявить целый ряд отличий:

1. Обработка расплава электромагнитными импульсами приводит к увеличению средних размеров зерен, что может свидетельствовать об уменьшении числа зародышевых центров. При этом, доля неравновесной эвтектики в микроструктуре снижается на 15-20%. Изменяется морфология и диспергируются эвтектические фазы.

2. Установлено, что при обработке ЭМИ наблюдается повышение концентрации основного легирующего элемента (Si, Mg, Cu) в  $\alpha$ -фазе сплавов Al – 6 мас.% Si, Al – 4 мас.% Cu.

3. Обработка расплава ЭМИ способствует ускоренному протеканию неравновесной кристаллизации и повышению твердости литого металла

на 20–30%, вследствие, очевидно увеличения плотности дефектов кристаллического строения и действия эффекта твердорастворного упрочнения.

Наблюдаемые явления были неоднократно подтверждены и на других металлах и сплавах, в том числе сталях и чугунах [1]. Причем в сплавах структурные изменения более заметны, нежели на чистых металлах.

Согласно современным представлениям можно заключить, что даже жидкий расплав сохраняет некую упорядоченную структуру. Основное отличие жидкостей от соответствующих кристаллов – больший удельный объем – на 3–10 % – величину близкую к теоретическому пределу прочности металла при всестороннем растяжении [2].

Архаров В.И. и др. разработали квазикристаллическую модель металлических сплавов. Гаврилин И.В. и Ершов Г.С. [3] в рамках рассматриваемой модели представили плавление как процесс дробления микроскопического твердого тела на отдельные кластеры или блоки с увеличением расстояния между ними до такого предела, при котором происходит разрыв межатомных связей, соединяющих поверхности двух соседних кластеров.

Овчинниковым В.В. [4] предложена модель радиационно-динамического воздействия ионизирующих излучений на метастабильные среды, которая хорошо коррелирует с полученными нами экспериментальными данными. Согласно его теории действие излучений и ускоренных пучков частиц с энергиями  $10^3 \dots 10^8$  эВ порождает один или несколько каскадов атомных смещений. Ряд атомов выбивается из своих положений в решетке, образуя так называемые френкелевские пары. Их столкновение с соседними атомами приводит к образованию термического пика. Происходит также передача энергии электронной подсистеме, которая идет на возбуждение и ионизацию атомов (неупругие потери). По мере торможения высокоэнергетичных частиц доля неупругих потерь уменьшается, а сечение упругих взаимодействий возрастает. Возникают атомы отдачи, которые образуют каскады атомных смещений. Время возникновения каскада имеет порядок  $10^{-12}$  с. Максимальная температура каскадной области может превышать 5000–6000 К. Предельная величина давления в каскадной области может достигать нескольких килобар. Происходит возникновение ударных волн, которые относят к волнам солитонного типа. Эти волны и вызывают различные динамические превращения.

Таким образом, причины наблюдаемых под действием ЭМИ изменений в структуре и свойств металлов следует искать именно в изменении структуры металлических расплавов.

Физическая причина подобных изменений может быть различной: тепловой эффект, электромагнитное перемешивание, механическое воздействие. Каждый из этих факторов может в той или иной мере влиять на структурное состояние расплава.

Проведенная оценка вклада каждого из этих факторов показала, что наиболее вероятными причинами наблюдаемых изменений являются электромагнитное перемешивание и динамические колебания в расплаве.

Следует отметить, что вопрос о достоверности предлагаемой гипотез требует экспериментальной проверки. В то же время, очевидным следствием динамического воздействия ЭМИ является разрушение кластерной структуры расплава. Доказательством чему служат приведенные экспериментальные данные:

- уменьшение количества кластерных областей, являющихся при кристаллизации готовыми зародышевыми центрами, приводит к формированию крупнокристаллической структуры, а размеры эвтектических выделений, имеющих кластерную природу – наоборот измельчаются. Это подтверждается приведенными данными сравнительно анализа макро- и микроструктуры слитков обработанного и необработанного ЭМИ металла;

- обработка расплава ЭМИ способствует повышению концентрации легирующих элементов в  $\alpha$ -фазе растворителя, что подтверждается данными, полученными на растровом электронном микроскопе и металлографически через изменение доли и формы эвтектических выделений;

- обогащение  $\alpha$ -фазы, твердорастворное упрочнение и протекающая неравновесная кристаллизация способствуют повышению твердости литых образцов.

### **Литература:**

[1] Знаменский Л.Г., Крымский В.В., Кулаков Б.А., Электроимпульсные нанотехнологии в литейных процессах. Челябинск: Изд-во ЦНТИ, 2003, 130 с.

[2] Еланский Г.Н., Кудрин В.А. Строение и свойства жидкого металла, технология – качество, М.: – Металлургия, 1984, 238с.

[3] Гаврилин И.В., Ершов Г.С. Об изменении объемов металлов при плавлении // Изв. АН СССР. Металлы, 1982, №2, С. 72-76.

[4] Овчинников В.В. Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук, 2008, т. 178, №9, С. 991–1001.